

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-151107  
(P2002-151107A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 M 8/02		H 0 1 M 8/02	R 5 H 0 2 6
B 6 0 L 11/18		B 6 0 L 11/18	G 5 H 1 1 5
H 0 1 M 8/24		H 0 1 M 8/24	R
// H 0 1 M 8/10		8/10	

審査請求 有 請求項の数27 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2001-264273 (P2001-264273)	(71) 出願人	590001407 ゼネラル・モーターズ・コーポレーション GENERAL MOTORS CORPORATION アメリカ合衆国ミシガン州48202, デトロイト, ウェスト・グランド・ブールバード 3044
(22) 出願日	平成13年8月31日 (2001.8.31)	(72) 発明者	ジェラルド・ダブリュー・フライ アメリカ合衆国ニューヨーク州14454, ジェネセオ, セカンド・ストリート 36
(31) 優先権主張番号	09/651934	(74) 代理人	100089705 弁理士 社本 一夫 (外5名)
(32) 優先日	平成12年8月31日 (2000.8.31)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

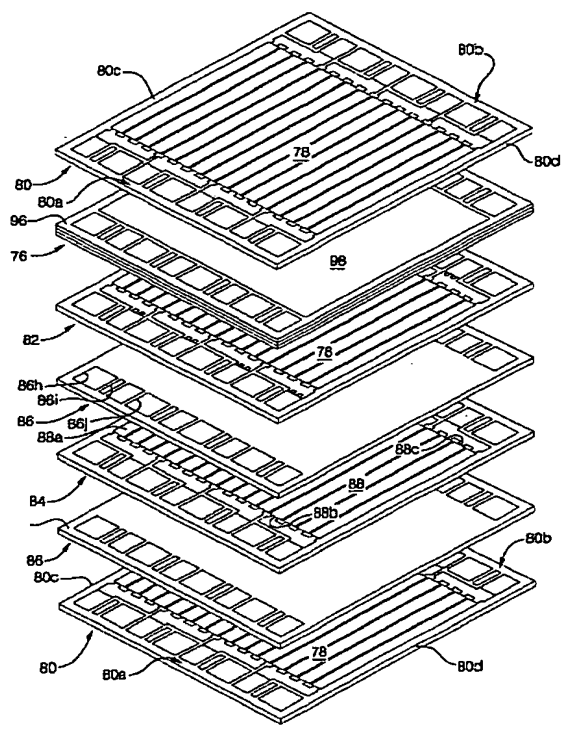
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変多孔率のガス分配層を備えた燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 所与のサイズ、重量及びコストに対する電気エネルギーを増加させる。

【解決手段】 燃料電池22は、陽子透過膜、アノード層98、カソード層及びガス流れ場を画成するガス分配層78を含む。各ガス分配層78は、燃料電池の一エッジ78aから反対エッジ78bまで延在する複数の略並行セグメント78a内に分割された開気泡伝導発泡材料の層を含み、各触媒層に亘って延在する略平行な複数の多孔反応物経路を画成する。該セグメントは、発泡材料の多孔率又はその厚さを選択的に変化させて画成できる。反応ガスは、マニホールド構造80を介して発泡ガス分配層に配給され、該ガスは、燃料電池スタック22のエッジに沿って平行経路上向きに移動され、選択的なバフリング及び仕切構造により所望のレベルでスタック内を選択的に分配される。冷却層88を、アノード及びカソード層と同じ区分化発泡構造を用いて設けてもよい。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 陽子透過膜、該膜の一方の面にある触媒アノード層、該膜の他方の面にある触媒カソード層、及び、該カソード及びアノード層の各々に亘ってガス流れ場を画成する、該カソード及びアノード層のガス分配層を含み、前記膜、前記触媒層及び前記ガス分配層は、第 1 及び第 2 の両側エッジを有するサンドウィッチ構造を形成する、陽子交換膜の燃料電池であって、

前記ガス分配層の各々は、複数の略平行なセグメントへと分割された伝導多孔性媒体を含み、該セグメントの各々は、前記サンドウィッチ構造の第 1 のエッジから第 2 の両側エッジまで延在し、これによって、各々の触媒層を横切って延在する複数の略平行な多孔性反応経路を画成することを特徴とする、前記燃料電池。

【請求項 2】 前記多孔性媒体は、発泡媒体である、請求項 1 に記載の燃料電池。

【請求項 3】 前記発泡媒体は、開気泡の発泡媒体である、請求項 2 に記載の燃料電池。

【請求項 4】 各々のガス分配層は、多孔性媒体のシートであり、各々のガス分配層のセグメントは、夫々のシートにより提供される、ガス状流れに対する抵抗を空間的に変化させることによって画成される、請求項 1 に記載の燃料電池。

【請求項 5】 流れに対する前記抵抗は、夫々のシートの多孔率を空間的に変化させることによって空間的に変化させられる、請求項 4 に記載の燃料電池。

【請求項 6】 流れに対する前記抵抗は、夫々のシートの厚さを空間的に変化させることによって空間的に変化させられる、請求項 4 に記載の燃料電池。

【請求項 7】 流れに対する前記抵抗は、夫々のシートの厚さ及び多孔率を空間的に変化させることによって空間的に変化させられる、請求項 4 に記載の燃料電池。

【請求項 8】 前記発泡媒体は、伝導グラファイト発泡媒体である、請求項 2 に記載の燃料電池。

【請求項 9】 前記発泡媒体は、伝導金属発泡媒体である、請求項 2 に記載の燃料電池。

【請求項 10】 複数の積み重ねられた燃料電池を含む陽子交換膜の燃料電池スタックであって、

各々の燃料電池は、

陽子透過膜と、

前記膜の一方の面にある触媒アノード層と、

前記膜の他方の面にある触媒カソード層と、

前記触媒層の各々に対面して配置された多孔性材料のシートであって、各シートは、入口及び出口の両長さ方向エッジを有し、各シートにより提供される、ガス状流れに対する抵抗は該シートに沿って長さ方向に変化し、該シートを該入口エッジから該出口エッジまで延在する略平行な複数のセグメントに分割し、これによって、各触媒層を横切って延在する略平行な複数の多孔性反応経路を画成する、前記多孔性材料のシートと、を含む、燃料

電池スタック。

【請求項 11】 前記燃料電池スタックは、マニホルドストリップを備えるマニホルド構造を更に備え、該マニホルドストリップは、各燃料電池の前記多孔性シートの前記入口エッジ及び出口エッジの各々に沿って配置され、各燃料電池の各シートの前記セグメントの入口端部に反応ガスを配給し、各燃料電池の各シートの前記セグメントの出口端部から反応ガスを受け取るように作動する、請求項 10 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 12】 前記マニホルド構造は、各燃料電池の各シートの前記セグメントの入口端部に沿って配置された入口マニホルドストリップと、各燃料電池の各シートの前記セグメントの出口端部に沿って配置された出口マニホルドストリップと、を備え、

各々の入口マニホルドストリップは、外側エッジと、夫々のセグメントの入口端部の近傍に配置された内側端部とを備え、

前記外側エッジの近傍にある各入口マニホルドストリップの外側部分は、反応ガスを含む各々の流体を夫々のセグメントに配給するための複数の連続して配置された垂直入口通路を画成し、

前記内側エッジの近傍にある各入口マニホルドストリップの内側部分は、各々のシートの前記セグメントの前記入口端部と連通する水平通路を画成し、

入口マニホルドストリップのうち幾つかは、前記垂直入口通路の 1 つと前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 1 の反応ガスを、前記 1 つの入口通路と前記水平通路とを通して各々のシートの前記セグメントの前記入口端部に配給し、

入口マニホルドストリップのうち他方の幾つかは、前記垂直入口通路のうち別の通路と前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 2 の反応ガスを、前記別の入口通路と前記水平通路とを通して各々のシートの前記セグメントの前記入口端部に配給する、請求項 11 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 13】 前記燃料電池スタックは、少なくとも幾つかの燃料電池の間に冷却層を更に備え、

入口マニホルドストリップが、各々の冷却層の入口エッジに沿って配置され、出口マニホルドストリップが、各々の冷却層の出口エッジに沿って配置され、

各々の冷却層の前記入口エッジに沿って配置された前記入口マニホルドストリップは、更なる垂直入口通路と前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、冷却流体を、前記更なる入口通路と前記水平通路とを通して前記冷却層に配給する、請求項 12 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 14】 各々の入口ストリップの各水平通路

は、複数の水平副通路に分割され、該副通路の各々が各セグメントの前記入口端部と整列され且つこれと連通する、請求項 12 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 15】 各々の出口マニホールドストリップは、外側エッジと、夫々のセグメントの出口端部の近傍に配置された内側端部とを備え、前記外側エッジの近傍にある各出口マニホールドストリップの外側部分は、各々のセグメントから、反応ガスを含む各々の流体を受け取るための複数の連続して整列された垂直出口通路を画成し、前記内側エッジの近傍にある各出口マニホールドストリップの内側部分は、各々のシートのセグメントの前記出口端部と連通する水平通路を画成し、出口マニホールドストリップのうち幾つかは、前記垂直入口通路の 1 つと前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの出口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 1 の反応ガスを、各々のシートの前記セグメントの前記出口端部から前記水平通路と前記 1 つの出口通路とを通して排気する、請求項 12 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 16】 陽子透過膜、該膜の一方の面にある触媒アノード層、該膜の他方の面にある触媒カソード層、及び、該カソード及びアノード層の各々に亘ってガス流れ場を画成する、該カソード及びアノード層のガス分配層を含み、前記膜、前記触媒層及び前記ガス分配層は、第 1 及び第 2 の両側エッジを有するサンドウィッチ構造を形成する、陽子交換膜の燃料電池であって、前記ガス分配層の各々は、伝導発泡媒体であることを特徴とする、前記燃料電池。

【請求項 17】 前記発泡媒体は、開気泡の発泡媒体である、請求項 16 に記載の燃料電池。

【請求項 18】 各々のガス分配層は、前記発泡媒体のシートであり、各々のガス分配層のセグメントは、夫々のシートにより提供される、流れに対する抵抗を空間的に変化させることによって画成される、請求項 16 に記載の燃料電池。

【請求項 19】 流れに対する前記抵抗は、夫々のシートの多孔率を空間的に変化させることによって空間的に変化させられる、請求項 18 に記載の燃料電池。

【請求項 20】 流れに対する前記抵抗は、夫々のシートの厚さを空間的に変化させることによって空間的に変化させられる、請求項 18 に記載の燃料電池。

【請求項 21】 流れに対する前記抵抗は、夫々のシートの厚さ及び多孔率を空間的に変化させることによって空間的に変化させられる、請求項 18 に記載の燃料電池。

【請求項 22】 前記発泡媒体は、伝導グラファイト発泡媒体である、請求項 16 に記載の燃料電池。

【請求項 23】 前記発泡媒体は、伝導金属発泡媒体である、請求項 16 に記載の燃料電池。

【請求項 24】 複数の積み重ねられた燃料電池を含む陽子交換膜の燃料電池スタックであって、

各々の燃料電池は、

陽子透過膜と、

前記膜の一方の面にある触媒アノード層と、

前記膜の他方の面にある触媒カソード層と、

前記触媒層の各々に対面して配置されたガス分配層と、各燃料電池の各ガス分配層の入口エッジに沿って配置された入口マニホールドストリップと、各燃料電池の各ガス分配層の出口エッジに沿って配置された出口マニホールドストリップと、を備えた、マニホールド構造と、を備え、各々の入口マニホールドストリップは、外側エッジと、夫々のガス分配層の入口エッジの近傍に配置された内側端部とを備え、

前記外側エッジの近傍にある各入口マニホールドストリップの外側部分は、複数の連続して配置された垂直入口通路を画成し、

前記入口マニホールドストリップは、前記連続して配置された垂直入口通路に対応して連続して配置された垂直入口通路手段を画成するように整列された垂直入口通路と積み重ねられた関係で配列され、

前記内側エッジの近傍にある各入口マニホールドストリップの内側部分は、各々のガス分配層の前記入口エッジと連通する水平通路を画成し、

入口マニホールドストリップのうち幾つかは、前記垂直入口通路の 1 つと前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 1 の反応ガスを、前記 1 つの入口通路と前記水平通路とに対応する通路手段を通して各々のガス分配層の前記入口エッジに配給し、

入口マニホールドストリップのうち他方の幾つかは、前記垂直入口通路のうち別の通路と前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 2 の反応ガスを、前記別の入口通路と前記水平通路とに対応する通路手段を通して各々のガス分配層の前記入口エッジに配給することを特徴とする、前記燃料電池スタック。

【請求項 25】 前記燃料電池スタックは、少なくとも幾つかの燃料電池の間に冷却層を更に備え、

入口マニホールドストリップのうち 1 つが、前記ガス分配層の入口エッジに沿って配置された該入口マニホールドストリップと垂直に整列されて積み重ねられた関係で、各々の冷却層の入口エッジに沿って配置され、各々の冷却層の前記入口エッジに沿って配置された前記入口マニホールドストリップは、更なる垂直入口通路と前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、冷却流体を、前記更なる入口通路と前記水平通路とに対応する前記通路手段を通して前記冷却層に配給する、請求項 24 に記載の燃料電池スタック。

【請求項 26】 複数の積み重ねられた燃料電池を含む陽子交換膜の燃料電池スタックであって、各々の燃料電池は、陽子透過膜と、前記膜の一方の面にある触媒アノード層と、前記膜の他方の面にある触媒カソード層と、前記触媒層の各々に対面して配置された発泡材料のシートであって、各シートは、入口及び出口の両長さ方向エッジを有し、各シートにより提供される、ガス状流れに対する抵抗は該シートに沿って長さ方向に変化し、該シートを該入口エッジから該出口エッジまで延在する略平行な複数のセグメントに分割し、これによって、各触媒層を横切って延在する略平行な複数の多孔性反応経路を画成する、前記発泡材料のシートと、各燃料電池の各シートのセグメントの入口端部に沿って配置された入口マニホールドストリップと、各燃料電池の各シートの各セグメントの出口端部に沿って配置された出口マニホールドストリップと、を備えた、マニホールド構造と、を備え、各々の入口マニホールドストリップは、外側エッジと、前記セグメントの入口端部の近傍に配置された内側端部とを備え、前記外側エッジの近傍にある各入口マニホールドストリップの外側部分は、反応ガスを含む各々の流体を前記セグメントに配給するため複数の連続して配置された垂直入口通路を画成し、前記内側エッジの近傍にある各入口マニホールドストリップの内側部分は、各々のシートのセグメントの前記入口端部と連通する水平通路を画成し、入口マニホールドストリップのうち幾つかは、前記垂直入口通路の 1 つと前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 1 の反応ガスを、前記 1 つの入口通路と前記水平通路とを通して各々の前記シートのセグメントの前記入口端部に配給し、入口マニホールドストリップのうち他方の幾つかは、前記垂直入口通路のうち別の通路と前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第 2 の反応ガスを、前記別の入口通路と前記水平通路を通して各々の前記シートのセグメントの前記入口端部に配給することを特徴とする、前記燃料電池スタック。

【請求項 27】 前記燃料電池スタックは、少なくとも幾つかの燃料電池の間に冷却層を更に備え、入口マニホールドストリップのうち 1 つが、前記ガス分配層の入口エッジに沿って配置された該入口マニホールドストリップと垂直に整列されて積み重ねられた関係で、各々の冷却層の入口エッジに沿って配置され、各々の冷却層の前記入口エッジに沿って配置された前記入口マニホールドストリップは、更なる垂直入口通路と前

記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、冷却流体を、前記更なる入口通路と前記水平通路とに対応する通路手段を通して前記冷却層に配給する、請求項 26 に記載の燃料電池スタック。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃料電池システムに係り、より詳しくは、電力を生成するため  $H_2$  の豊富なガスを消費する、複数の電池を有するシステムに関する。

【0002】

【従来技術】 燃料電池は、多数の用途で電力源として使用されてきた。例えば、燃料電池は内燃機関に取って代わるため電気自動車の電力設備で使用するため提案されてきた。陽子交換膜 (PEM) 型式の燃料電池では、水素が燃料電池のアノードに供給され、空気が酸化剤としてカソードに供給される。PEM 燃料電池は、薄い陽子透過性で非導電性の固体ポリマー膜電解質からなる「膜電極アセンブリ (MEA)」を備え、固体ポリマー膜電解質は、その一方の面にアノード触媒、反対側の面にカソード触媒を有している。MEA は、一対の導電性エレメントの間に挟まれ、該一対の導電性エレメントは、

(1) アノード及びカソード用の電流コレクターとして役立ち、(2) 各々のアノード及びカソードの触媒の表面に亘る燃料電池ガス状反応物の分配のための適切なチャンネル及び／又は開口を含む。典型的な PEM 燃料電池及びその膜電極アセンブリ (MEA) は、1993 年 12 月 21 日及び 1994 年 5 月 31 日に各々付与され、本発明の譲受人であるゼネラル・モーターズ・コーポレーションに譲渡され、発明者スワセラジアンらが持っている、米国特許番号 5,272,017 号及び 5,316,871 号に記載されている。一般には、複数の個々の電池は燃料電池スタックを形成するため一緒に束ねられ、直列に配列されている。「燃料電池」という用語は、典型的には、文脈に応じて単一電池及び複数の電池 (スタック) のいずれかに言及するため使用される。スタック内部の電池のグループは、クラスターと称される。スタック内における多数の電池の典型的な配列は、ゼネラル・モーターズ・コーポレーションに譲渡された、米国特許番号 5,763,113 号で説明されている。

【0003】 PEM 燃料電池では、水素 ( $H_2$ ) がアノード反応物 (即ち燃料) であり、酸素がカソード反応物 (即ち酸化剤) である。酸素は、純粋形態 ( $O_2$ ) 及び空気 ( $O_2$  と  $N_2$  の混合物) のいずれでもよい。固体ポリマー電解質は、典型的には例えばペリフルオロ化スルホン酸 (perfluorinated sulfonic acid) などのイオン交換樹脂から作られる。アノード／カソードは、典型的には細かく分割された触媒粒子を含み、これらの粒子は、

しばしば炭素粒子に担持され、陽子伝達性樹脂と混合される。触媒粒子は、典型的には、高価な貴金属粒子である。これらの触媒化された電極を含む膜電極アセンブリは、製造する上で比較的高価であり、適切な水管理及び加湿を含む幾つかの条件、並びに、効率的な作動のため、例えば一酸化炭素(CO)などの触媒汚染成分の制御を必要とする。

【0004】車両の用途に対しては、燃料電池の水素源として、アルコール(例えばメタノール又はエタノール)又は炭化水素(例えばガソリン)などの液体燃料を使用することが望ましい。車両用のそのような液体燃料は、車上に搭載するのが容易であり、該液体を供給するための全国的な設備が存在する。しかし、これらの燃料は、燃料電池を燃料供給するため、それらの水素含有成分を解放するように分解されなければならない。この分解反応は、化学燃料プロセッサ即ち改質器内で達成される。燃料凹口セッサは、1つ又はそれ以上の反応器を含み、該反応器では、燃料は、主に水素及び二酸化炭素を含む改質ガスを与えるため、蒸気及び時折空気と反応する。例えば、蒸気メタノール改質プロセスでは、メタノール及び水(蒸気として)が理想的に反応され、水素及び二酸化炭素を生成する。実際には、一酸化炭素及び水も生成される。ガソリン改質プロセスでは、蒸気、空気及びガソリンが2つの区分を含む燃料プロセッサ内で反応される。1つの区分は、主要には部分酸化反応器(POX)であり、他方の区分は、主要には蒸気改質器(SR)である。燃料プロセッサは、水素、二酸化炭素、一酸化炭素及び水を生成する。下流の反応器は、水/ガスシフト(WGS)反応器及び優先酸化(PROX)反応器を備えてもよい。PROXでは、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は、酸化剤として空気からの酸素を使用して一酸化炭素(CO)から生成される。ここでは、空気の供給の制御が、COをCO<sub>2</sub>に選択的に酸化させるため重要である。

【0005】PEM燃料電池により消費するための水素の豊富な燃料を生成するため炭化水素燃料を処理する燃料電池システムが知られており、本願発明の譲受人であるゼネラル・モータース・コーポレーションに各々譲渡された、1997年11月に各々出願された現在係属中の米国特許出願シリアル番号08/975,422号、08/980,087号、及び、1998年11月に出願された米国特許出願シリアル番号09/187,125号、並びに、1998年3月5日に公開された国際特許出願公開番号WO98/08771号に説明されている。典型的なPEM燃料電池及びその膜電極アセンブリ(MEA)は、ゼネラル・モータース・コーポレーションに各々譲渡された、1993年12月21日及び1994年5月31日に登録された米国特許番号5,272,017号及び5,316,871号に説明されている。

【0006】MEAを挟持する導電性エレメントは、各々のカソード及びアノードの表面に亘って、燃料電池のガス状反応物(即ち、水素及び空気の形態の酸素)を分配させるためその面に一列の溝を含む。燃料電池スタックでは、複数の電池が、ガス不浸透性の導電性両極プレートにより各々が分離されながら、電氣的に直列に一緒に積み重ねられる。これまでのところ、両極プレートは、(1)2つの隣接する電池の間に導電性ガス分離エレメントとして、(2)膜のほぼ全表面に亘って反応ガスを分配させるため、(3)1つの電池のアノード及びスタック中で次の隣接する電池のカソードの間に電流を伝達させるため、(4)自動点火を防止するため反応ガスを分離させた状態にしておくため、(5)陽子交換膜を支持するため、及び、(6)ほとんどの場合には、内部熱交換面により画成され、且つ、冷却液がスタックから熱を除去するため流れるところの内部冷却通路を提供するため、という幾つかの機能を奏していた。両極プレートは、改質プロセスと連係されたガス圧力負荷、並びに、プレートにかかる圧縮負荷を受け入れる。例えば、このプレートは、一方の側に複数のチャンネル、他方の側に複数のチャンネルを備え、個々の側のチャンネルがランドにより分離されている。両側におけるランド及びチャンネルの構成は、ランド及びチャンネルが両極プレートの方につぶれ湾曲しないように配置されるため、両極プレートが圧縮負荷に耐えることができるようにしておかなければならない。両極プレートは、水素及び酸素を、両極プレートの上層にある陽子交換膜アセンブリに配給するため蛇行チャンネルを備える。該膜がチャンネル内につぶれてガスの流れを遮蔽することを防止するため、及び、チャンネルの上層にある膜の領域から両極プレートに導電経路を提供するため、グラファイトペーパーの一部が、蛇行チャンネルに亘って配置される。

【0007】両極プレートは、金属から作られ得るが、該プレートは、他の材料から製造してもよい。例えば、両極プレートは、軽量(従来の金属プレートと比較して)、燃料電池環境において、耐腐食性、及び、導電性を持つ、グラファイトからしばしば製作される。しかし、グラファイトは、壊れやすく、機械的に操作することを困難にさせ、金属と比較して低い電気伝導度及び熱伝導度を有する。最終的には、グラファイトは、低重量、低体積、低内部抵抗の燃料電池スタックため望ましい、非常に薄いガス不浸透性のプレートを作ることを事実上不可能にする。

【0008】ノイツラーの米国特許番号5,776,624号は、このチャンネル型式の金属両極プレート及びPEMアセンブリを開示している。これらの従来技術の両極プレート及びPEMアセンブリは重く、かさばり、製造及び組み立てが困難であり、製造する上でコスト高である。

【0009】これとは対照的に、燃料電池システムの効

率的な作動は、燃料電池の与えられたサイズ、重量及びコストに対する電気エネルギーの有意な量を生成するため燃料電池の能力に依存する。与えられたサイズ、重量及びコストに対する燃料電池の電気エネルギー出力は、全ての自動車部品のサイズ、重量及びコストが効率的な製造及び自動車の作動に特に重要である自動車用途にとって特に重要である。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】従って、特に自動車の用途にとって、燃料電池の与えられたサイズ、重量及びコストに対して増加した量の電気エネルギーを生成する燃料電池構成を提供することが望ましい。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、陽子透過膜、該膜の一方の面にある触媒アノード層、該膜の他方の面にある触媒カソード層、及び、該カソード及びアノード層の各々に亘ってガス流れ場を画成する、該カソード及びアノード層のガス分配層を含み、前記膜、前記触媒層及び前記ガス分配層は、第1及び第2の両側エッジを有するサンドウィッチ構造を形成する、陽子交換膜の燃料電池に関する。

【0012】本発明によれば、ガス分配層の各々は、複数の略平行なセグメントへと分割された伝導多孔性媒体を含み、該セグメントの各々は、サンドウィッチ構造の第1のエッジから第2の両側エッジまで延在し、これによって、各々の触媒層を横切って延在する複数の略平行な多孔性反応経路を画成する。この構成によれば、平行なセグメントの間に交差移動がほとんどか或いは全く発生せず、これによって、触媒層の表面に亘ってガスの均一な分布を確実にする。

【0013】本発明の更なる特徴によれば、多孔性媒体は発泡媒体である。発泡媒体の使用は、本発明の構成の安価で軽量な態様に寄与する。本発明の開示された実施形態では、発泡媒体は、開気泡の発泡媒体である。

【0014】本発明の更なる特徴によれば、各ガス分配層は、多孔性媒体のシートであり、各分配層のセグメントは、各シートにより提供される、ガス状流れに対する抵抗を空間的に変化させることによって画成される。この構成は、多孔性媒体の個々の平行セグメントを与える簡単で安価な手段を提供する。本発明の一実施形態では、流れに対する抵抗は、各シートの多孔率を空間的に変化させることにより空間的に変化させられる。別の実施形態では、流れに対する抵抗は、各シートの厚さを空間的に変化させることにより空間的に変化させられる。更なる実施形態では、流れに対する抵抗は、各シートの厚さ及び多孔率を空間的に変化させることにより空間的に変化させられる。

【0015】本発明の更なる特徴によれば、発泡媒体は、伝導グラファイト発泡媒体又は伝導金属発泡媒体のいずれかである。これら比較的安価な伝導発泡媒体の使

用は、性能に犠牲を払うことなく、燃料電池のコストの減少に更に寄与する。

【0016】複数の積み重ねられた燃料電池を備える燃料電池スタックに応用可能な、本発明の更なる特徴によれば、燃料電池スタックは、マニホルドストリップを備えるマニホルド構造を更に備え、該マニホルドストリップは、各燃料電池の多孔性シートの入口エッジ及び出口エッジの各々に沿って配置され、各燃料電池の各シートの各セグメントの入口端部に反応ガスを配給し、各燃料電池の各シートの各セグメントの出口端部から反応ガスを受け取るように作動する。このマニホルド構造は、燃料電池構成の重量、コスト又はサイズに有意に追加することなく、区分化されたガス分配層の効率的な作動に寄与する。

【0017】本発明の更なる特徴によれば、マニホルド構造は、各燃料電池の各シートのセグメントの入口端部に沿って配置された入口マニホルドストリップと、各燃料電池の各シートのセグメントの出口端部に沿って配置された出口マニホルドストリップと、を備える。各々の入口マニホルドストリップは、外側エッジと、夫々のセグメントの入口端部の近傍に配置された内側端部とを備える。外側エッジの近傍にある各入口マニホルドストリップの外側部分は、反応ガスを含む各々の流体を夫々のセグメントに配給するための複数の連続して配置された垂直入口通路を画成する。内側エッジの近傍にある各入口マニホルドストリップの内側部分は、各々のシートのセグメントの入口端部と連通する水平通路を画成する。入口マニホルドストリップのうち幾つかは、垂直入口通路の1つと水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第1の反応ガスを、1つの入口通路と水平通路とを通して各々のシートのセグメントの入口端部に配給する。入口マニホルドストリップのうち他方の幾つかは、垂直入口通路のうち別の通路と水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、第2の反応ガスを、別の入口通路と水平通路とを通して各々のシートのセグメントの入口端部に配給する。この特定のマニホルド構造は、様々な反応ガスを燃料電池スタックの様々な層に選択的且つ効率的に配給し、並びに、燃料電池スタックから選択的且つ効率的に取り除くことを可能にする。

【0018】本発明の更なる特徴によれば、燃料電池スタックは、少なくとも幾つかの燃料電池の間に冷却層を更に備え、入口マニホルドストリップが、各々の冷却層の入口エッジに沿って配置され、出口マニホルドストリップが、各々の冷却層の出口エッジに沿って配置され、各々の冷却層の前記入口エッジに沿って配置された前記入口マニホルドストリップは、更なる垂直入口通路と前記水平通路との間に通路手段を備え、その一方で残りの

垂直入口通路と該水平通路との間の連通を遮蔽し、これによって、冷却流体を、更なる垂直入口通路と水平通路とを通して冷却層に配給する。この特定のマニホールド構造は、冷却流体を、選択的に、燃料電池間に介設された冷却層に配給し、並びに、該冷却層から取り除くことを更に可能とする。

【0019】本発明の様々な特徴、利点及び他の使用法は、以下の詳細な説明及び添付図面を参照することによって、更に明らかとなろう。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施形態を添付図面を参照して説明する。本発明は、一例としてのみ図1に示された燃料電池システムを参照して更に理解することができる。このため、本発明を更に説明する前に、本発明の改善された燃料電池が作動するところのシステムを理解することが役立つ。

【0021】図1は、燃料電池システムの一例を示している。当該システムは、車両推進用のエネルギー源として（図示しない）車両中で使用することができる。本システムでは、炭化水素が、例えば、改質プロセス及び優先酸化プロセスによって、単位体積即ちモル単位で比較的高い水素含有量を有する改質ガスを生成するため燃料プロセッサ内で処理される。このため、水素が豊富な、即ち比較的高い水素含有量が参照される。

【0022】本発明は、改質物が作られる方法とは無関係に、 $H_2$ の豊富な改質物により燃料供給される燃料電池の文脈で以下に説明される。本文中で具体化された原理は、例えばメタノール、エタノール、ガソリン、アルケン、又は、他の脂肪族若しくは芳香族の炭化水素などの、改質可能な炭化水素及び水素含有燃料を含む、任意の源から得られた $H_2$ により燃料供給される燃料電池に適用可能であることが理解されるべきである。

【0023】図1に示されるように、燃料電池装置は、改質可能な炭化水素燃料の流れ6、及び、水の流れ8からの蒸気形態の水を触媒反応させるための燃料プロセッサ2を備える。燃料プロセッサの中には、空気が、優先酸化／蒸気改質反応の組み合わせでも使用されるものがある。この場合には、燃料プロセッサ2は、空気の流れ9も受け取る。燃料プロセッサは、1つ又はそれ以上の反応器を含み、該反応器では、流れ6内の改質可能な炭化水素燃料6が、水／蒸気8及び時折、空気（流れ9内）の存在下で分離反応を受け、水素の豊富な改質物を生成する。更には、各反応器12は、1つ又はそれ以上のベッドを含んでいてもよい。反応器12は、1つ又はそれ以上の区分即ちベッドを持ち、様々な設計が知られており、利用可能である。このため、反応器12の選択及び配置は、変更可能であり、一例としての燃料改質反応器（14）及びその下流の反応器16が、次に説明される。

【0024】一例として、例示の蒸気／メタノール改質

プロセスでは、メタノール及び水（蒸気として）が反応器14内で理想的に反応され、従来技術の欄で前述したように、水素及び二酸化炭素を生成する。実際には、一酸化炭素及び水も生成される。更なる例によれば、例示のガソリン改質プロセスでは、蒸気、空気及びガソリンが、2つの区分を有する反応器14を含む燃料プロセッサ内で反応される。反応器14の1つの区分は、主要には、部分酸化反応器（POX）であり、当該反応器の他の区分は、主要には、蒸気改質器（SR）である。メタノール改質の場合におけるように、ガソリン改質は、所望の水素を生成するが、加えて、二酸化炭素、水及び一酸化炭素を生成する。このため、各形式の改質の後、生成物の流れの一酸化炭素含有量を減少させることが望ましい。

【0025】従って、燃料プロセッサは、従来技術の欄で前述したように、一酸化炭素から二酸化炭素を生成するため使用される、例えば、水／ガスシフト（WGS）反応器および優先酸化（PROX）反応器などの1つ又はそれ以上の下流側の反応器も典型的に備えている。好ましくは、水素、二酸化炭素、一酸化炭素及び水を含む最初の改質出力ガスの流れは、その中のCOレベルを、許容可能なレベル、例えば20ppm以下にまで減少させるため、優先酸化（PROX）反応器16内で更に処理される。次に、運転モードの間、 $H_2$ の豊富な改質物20は、バルブ31を介して、燃料電池スタック22のアノードチャンバー内に供給される。これと同時に、オキシダントの流れ24からの酸素（例えば空気）は、燃料電池22のカソードチャンバー内に供給される。改質物の流れ20からの水素及びオキシダントの流れ24からの酸素は、燃料電池22内で反応し、電流を生成する。

【0026】燃料電池22のアノード側からの排気物即ち流出物26は、未反応の水素を含む。燃料電池22のカソード側からの排気物即ち流出物28は、未反応の酸素を含む。オキシダントの流れ24のための空気は、空気供給部、好ましくは、コンプレッサ30により提供される。空気供給部（コンプレッサ30）からの空気は、通常の作動条件の下で、バルブ32により燃料電池22に指し向けられる。しかし、始動の間、バルブ32は、燃焼器34の入力部に直接空気を提供するように作動される。この空気は、ライン46を通して供給された燃料と反応するため燃焼器34内で使用される。燃焼熱は、燃料プロセッサ2の様々な部分を加熱するため使用される。

【0027】燃料プロセッサ2内で生じる反応の中には、吸熱性反応、かくして熱を必要とするものがあり、他の反応は発熱性反応、かくして熱の除去を必要とするものがある。典型的には、PROX反応器16は、熱の除去を必要とする。反応器14内の改質反応のうち1つ又はそれ以上は、典型的に吸熱性であり、熱が追加され

ることを要する。これは、典型的には、反応物、燃料5、流れ8、及び、空気9を予備加熱することによって、及び／又は選択された反応器を過熱することによって達成される。

【0028】燃焼器34からの熱は、選択された反応器、及び、始動の間に燃料プロセッサ2内の反応器ベッドを加熱する。燃焼器34は、該燃焼器への間接的な熱輸送によって、必要時に、選択された反応器及び燃焼プロセッサ内のベッドの加熱を達成する。典型的には、そのような間接的に加熱された反応器は、入口及び出口を備えた反応チャンバーである。反応チャンバー内では、ベッドがキャリア部材基板の形態にあり、各々が、所望の化学反応を達成するための触媒的活性化材料を担持する第1の表面を有する。第1の表面と反対側の第2の表面は、高温ガスからキャリア部材基板に熱輸送するため形成される。加えて、燃焼器34は、燃料プロセッサ2への反応物として供給される、燃料6、水8及び空気9を予備加熱するため使用可能である。

【0029】燃料プロセッサ2に供給される空気9は、反応器12のうち1つ又はそれ以上で使うことができることに着目されるべきである。反応器14がガソリン改質反応器である場合、ライン9からの空気は、反応器14に供給される。PROX反応器16は、COをCO<sub>2</sub>に酸化させるため空気も利用し、ライン9を介して空気供給源（コンプレッサ30）から空気を受け取る。

【0030】燃焼器34は、入口端部42、排気端部44及び、両端部の間の触媒区分48を備えたチャンバー41を画成する。炭化水素燃料は、液体形態にある場合、燃焼用の燃料を拡散させるため、燃焼器に注入される前又は燃焼器の区分内にあるいずれかの場合に、蒸発される。蒸発は、電気ヒーターによりなすことができる。一旦、システムが作動し、燃焼器が加熱された場合、蒸発は、入ってきた燃料を蒸発させるため燃焼器の排気物からの熱を使用した熱交換により発生させることができる。好ましくは、燃料軽量装置43が、炭化水素燃料が燃焼器に提供される率で制御するため設けられる。

【0031】炭化水素燃料46及びアノード流出物26は、燃焼器34の触媒区分48で反応され、該区分は、燃焼器34の入口端部42及び出口端部44の間にある。酸素は、例えば、バルブ32を介して空気供給部（即ち、コンプレッサ30）、或いは、システム作動条件に応じて、例えばカソード流出物流れ28などの第2の空気流れのいずれかから燃焼器34に提供される。バルブ50は、燃料プロセッサ2内の反応器を加熱することが必要とされない場合、燃焼器排気物36の大気中への解放を可能にする。

【0032】理解できるように、炭化水素燃料の流れ46は、燃料電池装置の遷移状態及び定常状態の必要性を合致させるため、燃焼器34用の燃料としてアノード流

出物26を必要時に増補する。幾つかの状況では、排気ガスは、大気中に解放される前に、レギュレータ38、遮断バルブ39及びマフラー48を通過する。図1では、シンボルは次を意味している。Vはバルブ、MFMは流量計、Tは温度モニター、Rはレギュレータ、Cは燃料電池のカソード側、Aは燃料電池のアノード側、I N Jはインジェクタ、COMPはコンプレッサである。

【0033】燃料プロセッサ2内の選択された反応器により要求される熱量は、燃焼器34により供給されるべきであり、導入される燃料及び水の量、究極的には、燃料プロセッサ2内の所望の反応温度に依存する。前述したように、時折、空気も燃料プロセッサの反応器内で使用され、導入される燃料及び水と共に考慮に入れなければならない。燃料プロセッサ2の熱的要求量を供給するため、燃焼器34は、全てのアノード排気物即ち流出物、及び、可能ならば炭化水素燃料を利用する。エンタルピーの式が、燃焼器34の所望の温度要求を合致させるため燃焼器34に供給されるべきカソード排気空気量を決定するため使用され、究極的には、燃焼器34が燃料プロセッサ2により要求された熱量を満足させる。燃焼器34に提供された酸素即ち空気は、当該装置が、コンプレッサの空気流れが独占的に用いられる始動モード、又は、カソード流出物28及び／又はコンプレッサ空気を使用した運転モードのいずれにあるかに応じて、典型的に燃料電池22のカソードに供給された全酸素のうちのあるパーセンテージを占めるカソード流出排気物28、並びに、コンプレッサ出力空気流れのうち1つ又は両方を含む。運転モードでは、カソード流出物28によっては合致されない、燃焼器34により要求された任意のトータルの空気、酸素又は希釈剤の要求は、燃焼器34及び燃料プロセッサ2により要求される温度及び熱を各々満足させるための量でコンプレッサ30により供給される。空気制御は、空気希釈バルブ47により実行される。この希釈バルブは、燃焼器34に供給されるカソード排気物28の抜き取り量を制御するため可変オリフィスを有するステッパーモータ駆動型バルブであるのが好ましい。

【0034】燃料電池装置のこの例示の表現では、作動は以下のようになされる。燃料電池装置が低温で始動するときの作動の開始時では、（1）コンプレッサ30が、必要なシステム空気を提供するため外部電源（例えばバッテリー）から付勢された電動モータにより駆動される。（2）空気が燃焼器34に導入され、炭化水素燃料46（例えば、MeOH又はガソリン）が燃焼器34内に注入される。（3）空気及び燃料が燃焼器34内で反応し、そこで、燃料のほぼ完全な燃焼が実行される。

（4）燃焼器34から出た高温排気ガスが、燃料プロセッサ2と関係された選択された反応器12に運ばれる。

【0035】一旦、燃料プロセッサ2内の反応器が適切な温度を達成すると、次の工程を含む改質プロセスが開



始する。(1)バルブ32が燃料電池22のカソード側に空気を差し向けるように作動される。(2)燃料及び水が改質反応を開始するため燃料プロセッサ2に供給される。(3)燃料プロセッサ2から出た改質物が燃料電池22のアノード側に供給される。(4)燃料電池22からのアノード流出物28は燃焼器34に差し向けられる。(5)燃料電池22からのカソード流出物28が燃焼器34に差し向けられる。(6)燃料、空気、カソード流出物28及びアノード流出物26が燃焼器34内で燃焼される。好ましいシーケンスでは、工程(2)は、燃焼器への空気の直接的供給と共に最初に実施される。次に、水素の豊富な流れが適切に低いCOレベルを有する場合、工程(1)及び(3)が、実施され、工程(4)、(5)及び(6)がこれに続いて実行される。

【0036】幾つかの条件の下では、燃焼器34は、追加の炭化水素燃料46の必要性無しに、アノード及びカソード流出物でのみ作動することができる。そのような条件の下では、燃焼器34への燃料注入が中断される。他の条件、例えばパワーの要求が増大する条件下では、燃焼器34へのAout(26)を増補するため増補の燃料46が提供される。燃焼器34が多数の燃料、例えば炭化水素燃料、並びに、燃料電池22のアノードからのアノード流出物26などの多数の燃料を受け取ることができる。燃料電池22のカソードからの酸素を使い果たした排気空気27及びコンプレッサ30からの空気も燃焼器34に供給される。

【0037】本発明の燃料電池システムによれば、例えば、図1に示されたコントローラ52は、図1に示されたシステムの作動の様々な態様を制御する。コントローラ52は、任意の適切なマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、制御プログラム及びメモリ内に記憶されたデータを実行することができる中央処理ユニットを有するパーソナルコンピュータなどを備えることができる。コントローラ52は、図1の任意の構成部品に特有な専用コントローラであってもよく、或いは、主要自動車制御モジュール内に記憶されたソフトウェアで実行されてもよい。更には、ソフトウェアベースの制御プログラムが、上述したように様々なモードの作動でシステムの構成要素を制御するため使用可能であるが、当該制御は、専用の電子回路によって部分的又は全体的に実行することもできることが理解されよう。

【0038】好ましい実施形態では、燃料電池システムは、車両推進システム60(図2を見よ)の一部として燃料電池22を含む。ここで、システム60の一部は、バッテリー62と、電動モータ64と、燃料電池システム及び特に燃料電池22と連係されたDC/DCコンバータ61から電気エネルギーを受け入れ、且つ、それをモータ64により生成された機械的エネルギーに転換するよう構成及び配置されたインバータ65を含む関連する駆動電子回路と、を含む。バッテリー62は、燃

料電池22により供給された電気エネルギーを受け入れ及び蓄えるため構成及び配置され、再生ブレーキングの間にモータ64により供給される電気エネルギーを受け入れ且つ蓄え、そしてモータ64に電気エネルギーを提供するよう構成及び配置される。モータ64は、車両(図示せず)の車輪を回転させるため駆動車軸66に連結される。電気化学エンジン制御モジュール(EECM)70及びバッテリーパックモジュール(BPM)71は、スタックの電圧及び電流(これらに限定されない)を含む様々な作動パラメータを監視する。例えば、これは、BPM71により監視される条件に基づいて、車両コントローラ74に出力信号(メッセージ)を送るため、バッテリーパックモジュール(BPM)71によって、又は、BPM71とEECM70とによって、なされる。車両コントローラ74は、電動モータ64、インバータ65を含む駆動電子回路、DC/DCコンバータ61を制御し、EECM70からのパワーレベルを要求する。

【0039】本発明は、燃料電池22に関し、特に、燃料電池をより軽量、より小型に、及び、より安価にすることのできる燃料電池の構成に関する。本発明に係る燃料電池は、図3に概略的且つ斜視的に示され、図4には概略的な断面で示される。幅広く考察すると、改質物20及び空気24は、前述した態様で燃料電池スタックに配給され、酸素を使い果たした空気28及び水素流出物26が、スタックから排気される。

【0040】概括すると、スタックは、複数のMEA76、複数のガス分配層78、複数のアノードマニホールド80、複数のカソードマニホールド82、複数の冷却マニホールド84、複数のシム即ちセパレータプレート86、複数の冷却層88、上側及び下側コレクタープレート90、上側及び下側絶縁プレート91、上側及び下側端部プレート92を備える、これらは、図4で示されるように、全て積み重ねられた関係で配置される。

【0041】詳細には、端部プレート92は、スタックのベース即ち底部を形成する。絶縁プレート91が端部プレート92の上方に配置される。コレクタープレート90が絶縁プレート91の上方に配置される。シム86がコレクタープレート88の上方に配置される。ガス分配層78を取り囲むカソードマニホールド82がシム86の上方に配置される。MEA76がカソードマニホールド/ガス分配層の上方に配置される。ガス分配層78を取り囲むアノードマニホールド80がMEAの上方に配置される。シム86がアノードマニホールドの上方に配置される。冷却層88を取り囲む冷却マニホールド84がシム86の上方に配置される。更なるシム86が冷却マニホールドの上方に配置されており、頂部コレクタープレート90、コレクター90の上方に配置された絶縁プレート91及び絶縁プレート91の上方に配置された頂端部プレート92を用いて頂部を覆うスタックで所望された数の

電池を提供するようシーケンスが繰り返される。全ての部材は、略矩形形状を持ち、スタック内の電池数は、燃料電池用の所望の電圧出力により決定される。

【0042】各々のMEA76（図5）は、薄い陽子伝達性の非導電固体ポリマー電極の形態の膜94と、該膜の下側面に対抗して配置されたシール部即ちガasket フレーム部材96と、該膜の上側面に対抗して配置された更なるシール部即ちガasket 96と、上側ガasket 96内の膜の上側面のアノード触媒層98と、下側ガasket 96内の膜の下側面のカソード触媒層と、を備える。複数の繰り返された組の通路h、i及びj（図6）が、MEAの各々の長さ方向エッジに沿って設けられる。

【0043】各々のガス分配層78は、伝導多孔性媒体のシート、より詳しくは、伝導発泡媒体から形成される。好ましい発泡材料は、開気泡（open cell）であり、伝導グラファイト発泡媒体又は伝導金属発泡媒体のいずれであってもよい。導電性グラファイト発泡媒体は、例えば、黒鉛化熱分解グラファイトであってもよく、伝導金属発泡媒体は、高いグレードのステンレス鋼、又は、インコネル（Inconel）601又はステンレス鋼310などの低い接触抵抗を備えた金属合金であってもよい。

【0044】各々のガス分配層即ちシート78は、各々が層の第1のエッジ78bから層の第2のエッジ78cまで延在する複数の略平行セグメント78aに分割され、これによって、各触媒層を横切って延在する複数の略平行多孔反応経路を画成する。各分配層のセグメントは、各々のシートにより提供されるガス状流れへの抵抗を空間的に変化させることによって画定される。流れに対する抵抗は、夫々のシートの多孔率を空間的に変化させ、夫々のシートの厚さを空間的に変化させ、或いは、シートの厚さ及び多孔率の両方を空間的に変化させることによって空間的に変化させることができる。

【0045】図7、8及び9で示されるガス分配層の好ましい構成では、多孔率は、シートの子孔率を空間的に変化させることによって空間的に変化させられ、当該シートは、比較的高い多孔率発泡材料の比較的広いストリップ78d及び比較的低い多孔率発泡材料の狭いストリップ78eが交互に形成された複合発泡体で作上げられる。ガス分配層78は、高い多孔率の発泡層及び低い多孔率の発泡層を交互に積み上げ、次に、ブロックのセクションを薄く切り取ること（図9の破線で示されたように）により、個々のガス分配層のシートを形成するように（図9に示されるように）編み出すことができる。

【0046】その代わりに、図10に示されるように、シートにより提供されるガス流れに対する抵抗の空間的变化は、各々のシートの厚さを空間的に変化させることによって、詳しくは、厚い区分178a及び薄い区分178bを交互に形成することによって、達成することが

できる。更なる代替例として、図11に示されるように、シートの子孔率的变化は、厚い多孔率の子孔率区分278a及び薄い圧縮低多孔率区分278bを交互に形成するようにシートに沿って間隔を隔てたストリップを圧縮することにより提供することができる。図10及び図11の代替構成のいずれにおいても、エポキシストリップ又はビード93は、層の厚い区分及び薄い区分の間の溝内に配置することができる。

【0047】更なる代替として、区分化されたガス分配層は、単一の区分化発泡シートにより構成されるというより、複数の別々の発泡ストリップ即ちセグメントにより構成することができる。これらの別々の発泡ストリップは、分離したストリップの間に適切な伸縮自在型紙を備えた直列に並んだ関係で配列されている。

【0048】各々のアノードマニホールド80（図6及び13）は、好ましくは、成形プラスチック材料から形成され、開いたフレーム矩形構成を有する。各々のマニホールド80は、入口マニホールドストリップ部分80a、出口マニホールドストリップ部分80b、並びに、端部ストリップ部分80c及び80dを備える。

【0049】各々の入口マニホールドストリップ部分80aは、外側エッジ80e及び内側エッジ80fを備え、各入口ストリップ部分の外側エッジに非常に近い外側部分80gは、反応ガスを含む各々の流体を、ガス分配層の各々のセグメントに分配するため、複数の直列に配置された垂直入口通路80h、80i、及び80jを画成する。各入口ストリップの内側エッジに非常に近い内側部分80kは、ガス分配層のセグメントの入口端部と連通するため水平通路80lを画成する。通路80lは、各々間隔を隔てたランド80nにより、複数の水平副通路80mへと分割され、各副通路はガス分配層の各々のセグメントの入口端部と整列し且つこれと連通するように配置されている。垂直入口通路80j及び通路80lの間の連通は、壁80pにより遮蔽され、垂直入口通路80i及び通路80lの間の連通は、入口壁80qにより遮蔽されるが、入口通路80hは、通路80hを上向きに通過する流体が、水平通路80lに沿って、及び、ガス分配層の各々のセグメントとの協働作用のため個々の副通路80mを通過して、移動自在であるように、水平通路80lに対して開いている。水平通路80lと協働する垂直入口通路80h、80i及び80jの部分集合は、入口マニホールド部分の長さ全体に応じた繰り返し数で、入口マニホールドストリップ部分の長さに沿って繰り返される。

【0050】出口マニホールド部分80bは、レイアウトにおいて入口部分80aと類似しており、詳しくは、入口通路80h'、80i'及び80j'の部分集合、水平通路80l'、及び、水平副通路80m'を備える。

【0051】各々のカソードマニホールド82は、（図14に示されるように）垂直通路80j/80j'及び水

平通路 801/801' の間で連通が確立され、その一方で、垂直通路 80h/80h' 及び水平通路 801/801' の間、並びに、垂直通路 80i/80i' 及び水平通路 801/801' の間では連通が遮断されるということを除いて、アノードマニホルド 80 と同一である。

【0052】各々の冷却マニホルド 84 は、(図 15 に示されるように) 垂直入口通路 84j/84j' 及び水平通路 841/841' の間で連通が確立され、その一方で、垂直入口通路 84j/84j' 及び通路 841/841' の間、並びに、垂直入口通路 84h/84h' 及び水平通路 841/841' の間では連通が遮断されるということを除いて、カソード及びアノードマニホルド 80 及び 82 と同一である。

【0053】冷却マニホルドは、マニホルドの頂部及び底部の両方の分離プレートに直接結合される。アノード及びカソードマニホルドは、通路を備えたマニホルドの側で分離プレートに結合される。反対側は、それに結合されたシール部を有し、該シール部は、MEA 又は反対側のマニホルドに対抗して押圧する。

【0054】マニホルドの各々では、図 18 で最も良く示されるように、垂直通路 h、i 及び j (及び、h'、i' 及び j') が各々のマニホルド区分を完全に通過し、これに対し、通路 i/i' 及び副通路 m/m' は、各々のマニホルド区分の厚さの上側半分を除去することにより形成される。

【0055】各々のシム又は分離プレート 86 は、矩形形状を有し、好ましくは、例えばステンレス鋼又はチタンなどの金属を含有した材料から形成される。各々のシム 86 は、カソード、アノード及び冷却マニホルド、並びに、MEA における垂直通路の部分集合へのサイズ及び間隔配置に対応する各々反対側の長さ方向エッジに沿って、複数の垂直通路 86h、i 及び j (86h'、i' 及び j') の部分集合を備える。

【0056】マニホルドの各々、MEA 及びシムにおける複数の垂直通路 h、i 及び j (並びに、h'、i' 及び j') 及びシムの部分集合は、サイズ、形状及び間隔配置において対応しており、燃料電池スタックの両エッジを通過して垂直に延在する複数の通路 H、I、J (及び H'、I' 及び J') を画成するように垂直に整列されていることが理解されよう。更に、通路 h、i 及び j (及び h'、i' 及び j') は、これらの通路を通過して処理される様々な流体の容量の要求に従って変更されることが理解されよう。詳しくは、カソード空気を処理することが意図された通路 j/j' は、比較的広く、冷却液体を処理することが意図された通路 I/I' は比較的狭く、アノード水素を処理することが意図された通路 h/h' は、中間の幅を有する。

【0057】各々の冷却層 88 は、ガス分配層 78 と同一であり、複数の略平行なセグメント 88a を備え、各

々が、該層の第 1 のエッジ 88b から延在し、これによって、燃料電池スタックを横切って延在する複数の略平行な多孔性冷却液の通路を画成する。

【0058】コレクタープレート 90 は、既知の形状及び構成を持ち、図 2 の自動車 64 などの適切な負荷に分配するための燃料電池スタック内の電池により生成された累積的な電気エネルギーを収集するために役立つ。

【0059】絶縁プレート 91 は、端部プレートが導電性材料から作られている場合、コレクタープレートから端部プレートを電氣的に分離させるため役立つ。端部プレートが導電性でない場合、絶縁プレートを省略することができる。

【0060】端部プレート 92 は、燃料電池スタックのため上側及び下側プレートを提供し、これによって、(例えば、締めボルト又はクランプなどのような) 圧縮性負荷がスタックに適切に印加され、スタックの層の全ての間で適切なインターフェースが維持されることを確実とし、スタック内での適切な分布の流体を確保し、及び、スタック内の適切な導電性を確保する。

【0061】図 4 及び 6 に最も良く示されるように、スタックの様々な構成部品を組み立てられた関係では、ガス分配層 78 は、各々のアノードマニホルド 80 内に配置され、ガス分配層 78 は各カソードマニホルド 82 内に配置され、冷却層 88 は各冷却マニホルド内に配置され、シム 86 が、スタックを通過して導電率を維持する一方で反応性ガス及び冷却流体の混合を妨害しないため冷却層の側面に位置する。各層における垂直通路の部分集合 h、i 及び j (及び h'、i' 及び j') は、スタックのいずれかの側に該スタックを通過して上方 (H、I 及び J) 並びに下方 (H'、I' 及び J') に延在する垂直通路の部分集合を画成するように整列される。各ガス分配層の各セグメント 78a は、夫々のマニホルドの各々の副通路 80m/82m と整列した関係で入口端部 78f、並びに、夫々のマニホルドの各々の副通路 80m'/82m' と整列した関係で出口端部 78g に関して配置される。各々の冷却層 88 の各セグメント 88a は、その入口端部で、夫々の冷却マニホルドの副通路 84m と整列され、その出口端部で、夫々の冷却マニホルドの副通路 80m' と整列され、隣接する MEA から離れた各ガス分配層の面は、隣接するシム 86 の直面する面に結合することができる。結合工程は、焼結、高温ろう付けによって、又は、導電性接着剤を使用することによって、達成することができる。

【0062】作動中には、水素が、垂直通路 H を通過して上方に通過され、空気が、垂直通路 J を通過して上方に通過され、グリコール/水混合物、フロン、又はメタノールなどの冷却流体が、垂直通路 I を通過して上方に通過される。

【0063】通路 H を上方に通過した水素は、水平通路 801 及び副通路 80m を通過し、その後、夫々のセグ

メント78aを通過して、出口マニホールドストリップに至るため、各アノードマニホールド層で逸られ、そこで、水素の豊富な流れが、副通路80m'、水平通路801'を通過して、燃焼器42へのライン26を介して配給されるため通路H'を下方に通過する。水素がセグメント78aの入口端部から出口端部まで移動するとき、水素は、事実上夫々のセグメント78aに低い多孔性ストリップ78eにより制限され、その結果、平行セグメントの間に交差移動(cross migration)がほとんど無いか又は全く無く、これによって、発泡媒体の発泡材料の多孔率に不可避で且つかなりの変動があるにも拘わらず、下層のアノード電極98の表面を横切って水素の事実上の均一分布を確実にし、水素及びアノード電極の間の相互作用のおかげで生じる電気エネルギーの生成を最大にする。夫々の触媒層に亘るガス流れ分布は、事実上均一である。流れに対する抵抗が、各セグメントに沿ったトータルの制限であり、かくして、多孔率の変動が、流れ場全体に影響を及ぼすため局所的な揺らぎを可能にするというより、セグメントの長さに亘って平均化される。

【0064】これと同時に、カソード空気は、通路Jを上向きに通過され、この上方に移動するカソード空気は、通路82j及び水平通路821の間の開いた連通のおかげで各カソードマニホールド層で配給され、これによって、空気は、個々の発泡セグメント78aを通過し、次に、吐出通路J'から出るため、水平通路821及び副通路82mを通過して移動し、その後、酸素を使い果たした空気が、前述した態様で適切な分布のため導管28を介して収集される。再び、高い多孔率のストリップ78dの間にある低い多孔率のストリップ78eは、隣接するストリップ間の空気の交差移動を妨げるため役立ち、これによって、空気及び酸素の均一な供給が、下層にあるカソード電極100の全領域に分配され、これによって、ガス分配層の発泡材料において固有の且つかなりの多孔率変動があるにも拘わらず、電極100と空気の反応により形成される電気エネルギーの生成を最大にする。

【0065】水素及び酸素の分配の両方に関して、セグメント78dと比較したときのストリップ78eの狭い幅は、夫々のMEA電極の事実上全ての領域が夫々の反応ガスに曝され、電気エネルギー生成が最大化されるという結果を確実にもたらす。そして、反応ガスは、狭い分割ストリップ78e内にそれらが多孔性であるが故に拡散するので、ストリップの下方の小さい電極領域でさえ電気エネルギーを生成し、これによって電池内の電気エネルギーの生成を更に最大にする。

【0066】これと同時に、冷却流体が、通路Iを上方に移動し、通路84i及び水平通路841の間の連通のおかげで各冷却マニホールド層で逸られ、これによって、冷却液は、冷却マニホールドの出口ストリップで収集

するため副通路84m及び冷却層の個々のセグメント88aを通過して流れ、適切な吐出又は再生のため通路I'を通過して下方に吐出する。再び、高い多孔率ストリップ88dの間にある低い多孔率のストリップ88eは、上層及び下層にあるシムの隣接表面に亘る冷却流体の均一分布を確実にし、これによって隣接する電池のトータルの面積を均一に冷却することを確実にする。

【0067】図16に示される代替のガス分配層の構成では、発泡層378は、高い多孔率の領域378bを分離する高い密度で低い多孔率の領域378aを提供するため間隔を隔てたインターバルで選択的に圧縮される。導電材料のプレート380は、プレートの個々の間隔を隔てた湾曲部380aが圧縮低多孔率領域378aの各々上方にある状態で発泡体378の上方に配置され、シム即ち分離プレート382は、発泡層の圧縮領域の上方に、交差して延在する冷却経路チャンネル384を画成するためプレート380の上方に配置される。この構成は、ガス分配層と同じ高さで冷却通路を提供し、スタック用冷却工程を提供するため分離層及び分離マニホールドを提供する必要性を無くすという利点を奏する。

【0068】本発明は、燃料電池により出力される電気エネルギーに何らの犠牲を払うことなく、比較可能な従来の燃料電池より、軽量、小型及び安価な燃料電池を提供することが理解されよう。詳しくは、従来技術における、その蛇行性のランド及びチャンネルを備えた金属両極性プレート発泡ガス分配層の代わりに、発泡ガス分配層を代替したことは、燃料電池の重量及び体積の両方を減少させる。従来技術の両極性プレートにおける蛇行チャンネルの溝に曝された領域のみとは反対に、膜の事実上全面積に亘ってガスを分配させる発泡ガス分配層の能力は、従来技術の両極性プレート及び膜の間にグラファイトペーパー又は布を置く必要を無くすことを可能にするこの布のガス分配機能は今や発泡層により満たされるからである。そして、発泡体と膜との間の個々の接触ポイント78の間のスパン(図17で最も良く示されるように)が従来技術の蛇行チャンネルの個々の溝区分を分離するランド領域の間のスパンより事実上小さくなるので、膜をチャンネル内につぶしてガスの流れを遮蔽することを防止する、この布の機能は、今や発泡体により満足されるからである。この布の省略は、燃料電池の体積及び重量を更に減少させ、燃料電池のコストを更に減少させる。発泡層の一方の面に沿って隣接するシムに結合することは、発泡層の他の面及びMEAの間の多数ポイント及びトータルの電氣的接触と組み合わせられて、電池を横切った接触抵抗を低下させ、その結果、電池を通る電気導電率を維持するため必要とされる圧縮負荷が最小にされ、端部プレートのサイズ及び強度を最小にして、コスト、重量及び体積を結果的に節約することを可能にする。必要とされる圧縮負荷の量の減少は、端部プレートの材料に対して、例えば適切なプラスチックなど

のより軽量且つ安価な材料を使用することも可能にする。実際に、本発明の技術を使用すると、燃料電池スタックは、燃料電池の単位面積当たりの電気エネルギー出力レベルを減少させることなく、従来技術の燃料電池よりも、かなり小型、軽量、及び安価であるように構成され、試験された。

【0069】本発明は、現在のところ最も実用的で好ましい実施形態と考えられるものと関連して説明されたが、本発明は開示された実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の精神及び範囲内に含まれる、様々な変更及び均等な構成を網羅することが意図されている。本発明の範囲は、特許法の下で許されるような全ての変更及び均等の構造を包含するように最も広く解釈されるべきである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に係る燃料電池を組み込んだ燃料電池システムの概略図である。

【図2】図2は、自動車用途の模式的表現で接続された図1に示された燃料電池の概略図である。

【図3】図3は、本発明に係る燃料電池スタックの概略斜視図である。

【図4】図4は、図3のライン4-4に沿って取られた断面図である。

【図5】図5は、燃料電池内で利用されるMEAの断面図である。

【図6】図6は、燃料電池の破断図である。

【図7】図7は、燃料電池内で利用されるガス分配層の斜視図である。

【図8】図8は、図7のライン8-8に沿って取られた断面図である。

【図9】図9は、図7のガス分配層を形成するための方法論を示す図である。

【図10】図10は、ガス分配層の代替形態を示す図である。

【図11】図11は、ガス分配層の代替形態を示す図である。

【図12】図12は、マニホールドフレームと結合されたガス分配層を示す斜視図である。

【図13】図13は、燃料電池で利用されるマニホールドの部分斜視図である。

【図14】図14は、燃料電池で利用されるマニホールドの部分斜視図である。

【図15】図15は、燃料電池で利用されるマニホールドの部分斜視図である。

【図16】図16は、冷却立ち上げ状態のガス分配層の代替形態を示す断面図である。

【図17】図17は、MEA及び燃料電池スタックで用いられる分離プレートとのガス分配層の界面を示す部分断面図である。

【図18】図18は、図13のライン18-18に沿っ

て取られた断面図である。

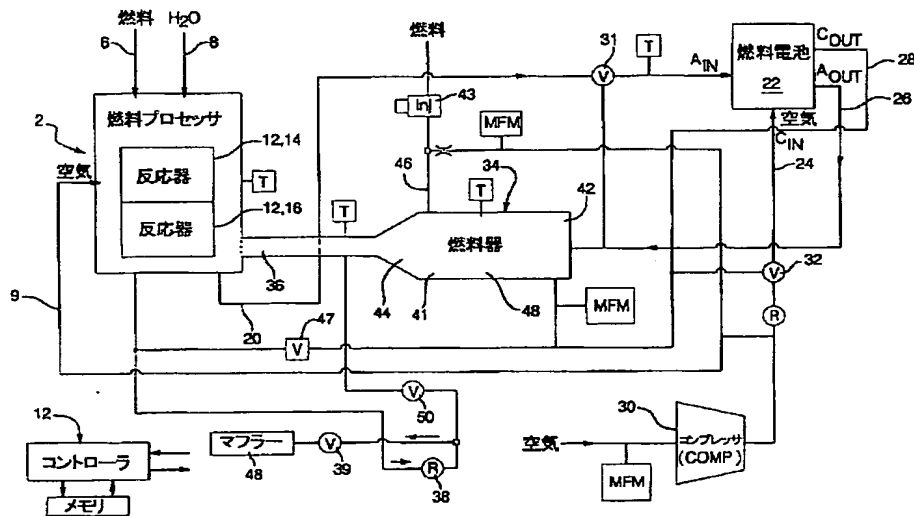
#### 【符号の説明】

- 2 燃料プロセッサ
- 6 改質可能な炭化水素燃料の流れ
- 8 水の流れ
- 9 空気の流れ
- 12、14 反応器
- 22 燃料電池
- 26 アノード排気物の流れ
- 28 カソード排気物の流れ
- 30 コンプレッサ
- 42 燃焼器
- 60 車両推進システム
- 61 DC/DCコンバータ
- 62 バッテリー
- 64 電動モータ
- 65 インバータ
- 70 電気化学エンジン制御モジュール (EECM)
- 71 バッテリーパックモジュール (BPM)
- 74 車両コントローラ
- 78 複数のガス分配層
- 78a 略平行なセグメント
- 78b 第1のエッジ
- 78c 第2のエッジ
- 78d 比較的広いストリップ
- 78e 比較的狭いストリップ
- 78f 入口端部
- 80 複数のアノードマニホールド
- 80a 入口マニホールドストリップ部分
- 80b 出口マニホールドストリップ部分
- 80c、80d 端部ストリップ部分
- 80e 外側エッジ
- 80f 内側エッジ
- 80g 各入口ストリップ部分の外側エッジに非常に近い外側部分
- 80h、80i、80j 垂直入口通路
- 80k 各入口ストリップの内側エッジに非常に近い内側部分
- 80l ガス分配層のセグメントの入口端部と連通するための水平通路
- 80m 複数の水平副通路
- 80n 各々間隔を隔てたランド
- 80m' 冷却マニホールドの副通路
- 82 複数のカソードマニホールド
- 82m' 冷却マニホールドの副通路
- 84 複数の冷却マニホールド
- 84m 冷却マニホールドの副通路
- 86 複数のシム即ちセパレータプレート
- 86h、i、j (86h'、i'、j') 垂直通路
- 88 冷却層

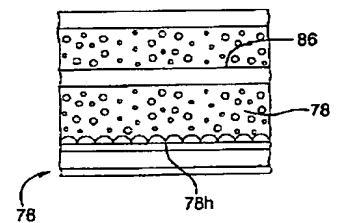
- 90 コレクタープレート  
 88a 冷却層jの複数の略平行なセグメント  
 88b 第1のエッジ  
 88c 第2のエッジ  
 91 絶縁プレート  
 92 端部プレート  
 93 エポキシストリップ又はビード  
 94 薄い陽子伝達性の非導電固体ポリマー電極の形態の膜  
 96 ガasket  
 98 アノード触媒層  
 100 下層にあるカソード電極

- 178a 厚い区分  
 178b 薄い区分  
 278a 厚い多孔率の非圧縮区分  
 278b 薄い圧縮低多孔率区分  
 378 発泡層  
 378a 高い密度で低い多孔率の領域  
 378b 高い多孔率の領域  
 380 導電材料のプレート  
 380a 湾曲部  
 382 シム即ち分離プレート  
 384 冷却経路チャンネル

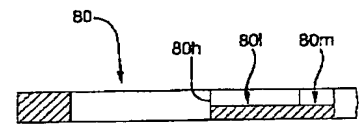
【図1】



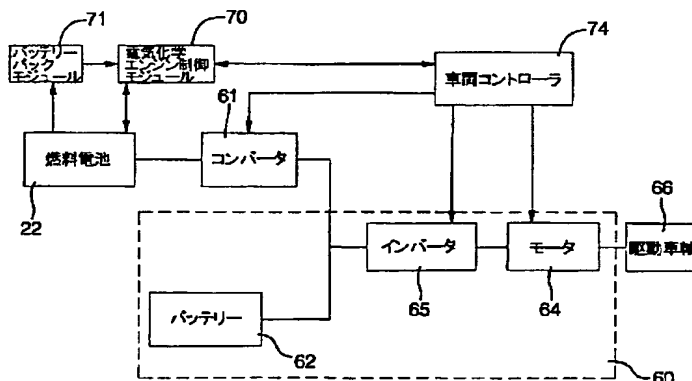
【図17】



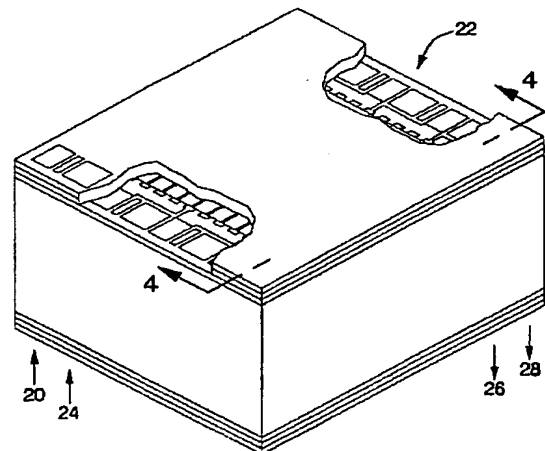
【図18】



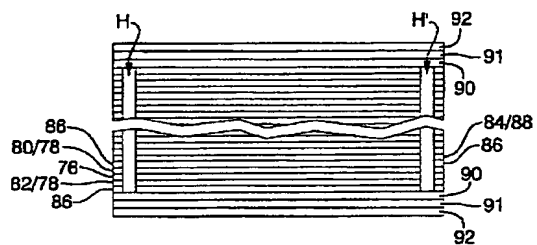
【図2】



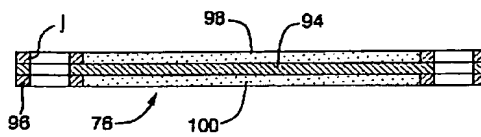
【図3】



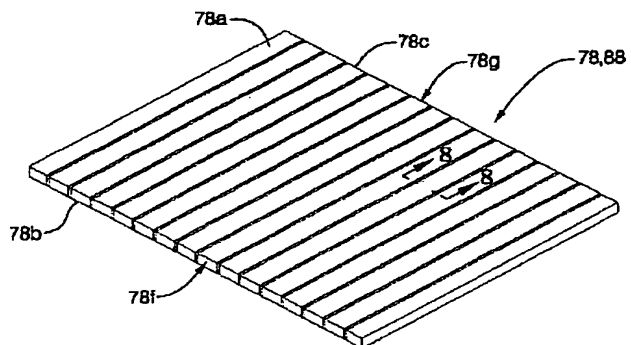
【図4】



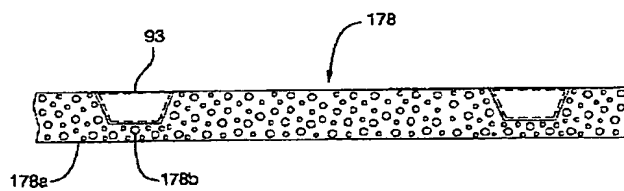
【図5】



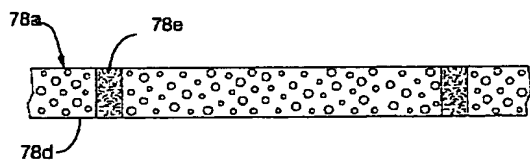
【図7】



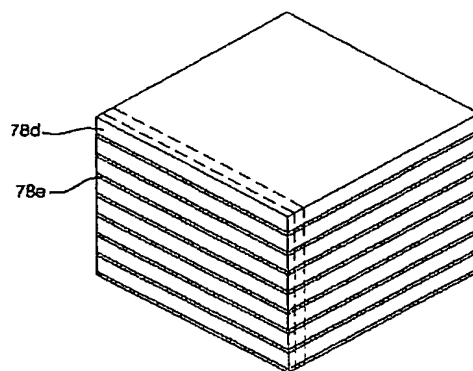
【図10】



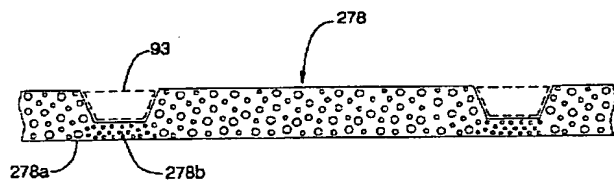
【図8】



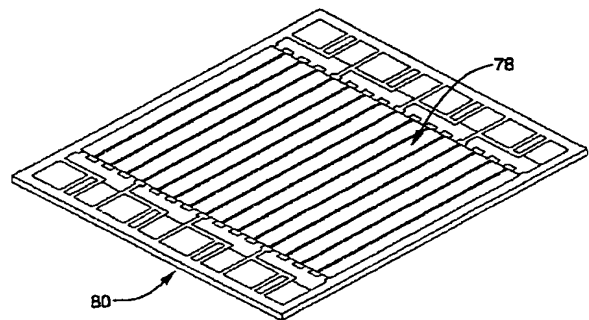
【図9】



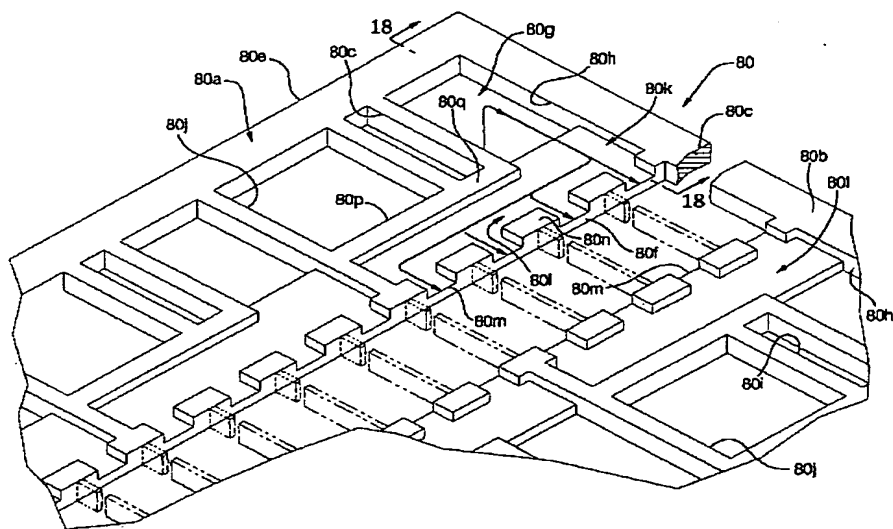
【図11】



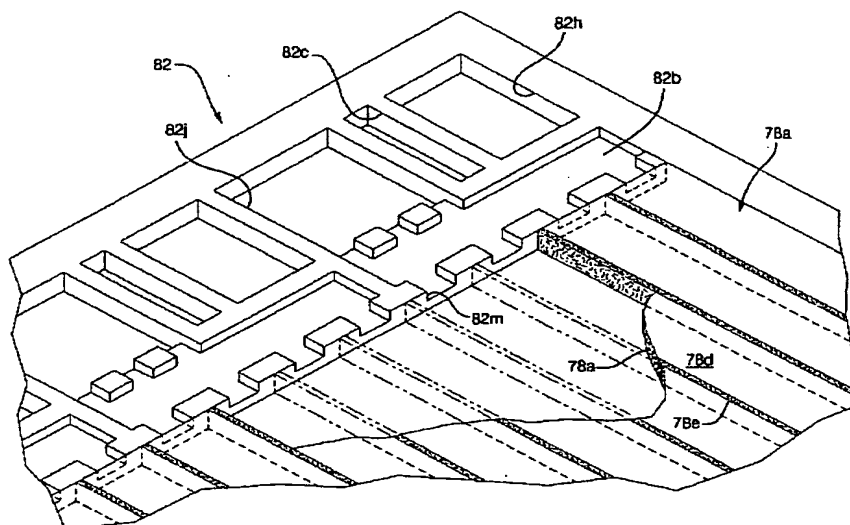
【図12】



【図13】

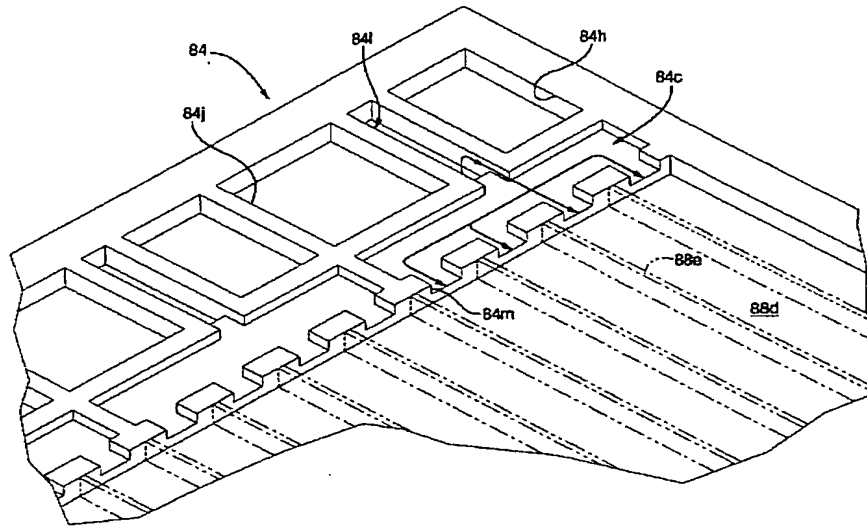


【図14】

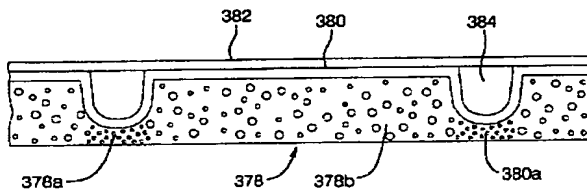




【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72) 発明者 ブライアン・ケイ・ブレイディ  
アメリカ合衆国ニューヨーク州14514, ノ  
ース・チリ, キース・テラス 28

Fターム(参考) 5H026 AA06 BB01 BB02 CX01 CX10  
EE02 EE06 EE08  
5H115 PA11 PG04 PI18 PU01 PV07  
PV09 SE06 TI02 TI05 TI06  
TI09 TR19 TU16 TU17 UI35